

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

**Институт информационных технологий и радиоэлектроники**

**УТВЕРЖДАЮ:**

**Директор ИИТР:**

**А.А. Галкин**

**« 1 » 09 2021 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ**

**направление подготовки / специальность**

**11.03.01. Радиотехника**

**направленность (профиль) подготовки**

**Радиотехнические устройства и системы**

**г. Владимир**  
**2021 г.**

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Теоретические основы радиотехники» является обучение студентов пониманию свойств различных радиосигналов и радиотехнических цепей, сущности и особенности процессов происходящих при прохождении сигналов через радиотехнические цепи, умению экспериментально исследовать и анализировать процессы в радиотехнических цепях на основе изучаемых в курсе методов.

Задачи:

- Классификации и основным характеристикам радиосигналов, законам преобразования сигналов в различных радиотехнических цепях;
- Методам анализа передачи детерминированных и случайных колебаний через линейные, нелинейные и параметрические цепи
- Основам синтеза цепей;
- Методам оптимальной фильтрации сигналов

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теоретические основы радиотехники» относится к обязательной части.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач в технической деятельности	ОПК-1.1. Знать основы математики, физики, вычислительной техники и программирования ОПК-1.2. Уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анали-	Знает: законы и методы преобразования сигналов с помощью ряда Фурье и интеграла Фурье. Умеет: использовать положения, законы и методы для преобразования периодических и импульсных сигналов в линейных и нелинейных цепях. Владеет: математическими методами для решения технических	Тестовые вопросы. Практико-ориентированные задания.

	за и моделирования ОПК-1.3. Владеть на- выками теоретическо- го и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	задач преобразования детерминированных и случайных сигналов в радиотехнических це- пях.	
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспе- риментальные исследования и использовать ос- новные приемы обработки и представления полученных дан- ных при выпол- нении лаборатор- ного практикума по дисциплине	ОПК-2.1 Знать возмож- ности эксперименталь- ных исследований и основные приемы об- работки данных. ОПК-2.2. Уметь само- стоятельно выполнять наблюдения и измере- ния при эксперимен- тальных исследованиях в лабораторных усло- виях ОПК-2.3. Владеть прие- мами обработки и представлением полу- ченных эксперимен- тальных данных	Знает: методы обработ- ки представления ре- зультатов при экспери- ментальных исследова- ниях процессов прохо- ждения сигналов через различные радиотехни- ческие структуры, в т. ч. апериодические и резонансные системы. Умеет: проводить экс- периментальные иссле- дования и использовать основные приемы об- работки радиосигналов в линейных и нелиней- ных цепях Владеет: навыками из- мерения параметров радиотехнических про- цессов и обработки по- лученных значений	Тестовые вопросы. Практико- ориентированные задания.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет: 8 зачетных единиц, 288 часов

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Введение. Классификация сигналов и радиоцепей.	3	1-3	2	2	2	1	10	
2	Спектральная теория сигналов.	3	4-6	4	2	2	2	11	Рейтинг-контроль №1
3	Корреляционный анализ детерминированных колебаний.	3	7-9	2	2	2	1	11	
4	Линейные радиоцепи.	3	10-12	2	4	4	1	11	Рейтинг-контроль №2
5	Модулированные колебания.	3	13-15	4	4	4	1	10	
6	Узкополосные колебания.	3	16-18	4	4	4	1	10	Рейтинг – контроль №3
Всего за 3 семестр:				18	18	18		63	Экзамен(27)
7	Нелинейные и параметрические цепи	4	1-5	6	6		1	24	Рейтинг – контроль №1
8	Случайные колебания. Преобразование характеристик случайных процессов.	4	6-10	6	6		2	24	Рейтинг-контроль №2
9	Оптимальная фильтрация на фоне помех.	4	11-18	6	6		1	24	Рейтинг-контроль №3
Всего за 4 семестр:				18	18			72	Экзамен(36)
Наличие в дисциплине КП/КР		3							КР
Итого по дисциплине				36	36	18		135	Экзамен(63), КР

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

### **Раздел 1. Введение. Классификация сигналов и радиотехнических цепей.**

Тема 1. Классификация сигналов.

Детерминированные и случайные сигналы. Периодические и непериодические сигналы. Непрерывные, дискретные, квантованные и цифровые сигналы.

Тема 2. Виды радиотехнических цепей.

Линейные, нелинейные и параметрические цепи. Интегродифференциальные уравнения цепей.

### **Раздел 2. Спектральная теория сигналов.**

Тема 1. Спектральный анализ периодических сигналов.

Обобщенный ряд Фурье. Гармонический анализ сигналов. Спектры типовых сигналов. Распределение мощности в спектре периодического сигнала.

Тема 2. Спектральный анализ непериодических сигналов.

Преобразование Фурье. Распределение энергии в спектре непериодического сигнала. Соотношение между длительностью сигнала и шириной его спектра.

Тема 3. Свойства преобразования Фурье.

Спектры некоторых неинтегрируемых функций.

### **Раздел 3. Корреляционный анализ детерминированных колебаний.**

Тема 1. Корреляционная функция периодических сигналов.

Корреляционная функция прямоугольного сигнала и последовательности периодических прямоугольных импульсов. Автокорреляционная функция. Взаимные корреляционные функции.

Тема 2. Корреляционная функция непериодических сигналов.

Корреляционная функция одиночного импульса. Корреляционная функция пачки импульсов.

Тема 3. Дискретизация сигналов.

Теорема Котельникова. Теорема отсчетов в частотной области.

### **Раздел 4. Линейные радиотехнические цепи.**

Тема 1. Линейные цепи с постоянными параметрами.

Линейные цепи с обратной связью. Линейные цепи с переменными параметрами. Прохождение радиосигнала через линейные цепи.

### **Раздел 5. Модулированные колебания.**

Тема 1. Амплитудная модуляция.

Тональная модуляция. Спектр АМ Векторная диаграмма АМ колебаний.  
Спектр АМ колебаний.

Тема 2. Спектр колебания с УМ. Тональная УМ. Векторная диаграмма ОМ. Индекс модуляции при  $m \geq 1$  и  $m \leq 1$ . Ширина спектра УМ.

Тема 3. Спектр колебания при смешанной АУ модуляции.

**Раздел 6. Узкополосные колебания. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала.**

Тема 1. Параметры узкополосных колебаний. Ошибки при нахождении частоты колебаний.

Неоднозначность определения параметров колебания. Аналитический сигнал. Преобразование Гильберта.

**Раздел 7. Нелинейные и параметрические цепи.**

Тема 1. Нелинейные преобразования.

Методы нелинейной теории. Нелинейные элементы.

Тема 2. Детектирование модулированных колебаний

Получение и детектирование АМ-колебаний. Частотные и фазовые детектирования. Преобразование частоты сигналов. Синхронное детектирование.

Тема 3. Автоколебательные системы. Условия самовозбуждения.

Баланс фаз и баланс амплитуд. Мягкий и жесткий режимы работы. Захват частоты автогенератором. Генератор с мостом Вина.

**Раздел 8. Случайные колебания. Преобразование характеристик случайных процессов.**

Тема 1. Характеристики случайных колебаний.

Описание случайных сигналов в частотной и временной областях. Узкополосные случайные процессы. Марковские процессы. Преобразование характеристик случайных процессов. Распределение суммы гармонических колебаний с случайными фазами.

Тема 2. Нормализация случайных процессов в узкополосных цепях.

Денормализация процессов в широкополосных цепях.

Тема 3. Воздействие сигналов и шума на нелинейные цепи.

Воздействие суммы гармонического сигнала и шума на амплитудный детектор. Воздействие сигнала и шума на частотный детектор и амплитудный резонансный ограничитель. Преобразование закона распределения и энергетического спектра в безинерционном нелинейном элементе

**Раздел 9. Оптимальная фильтрация на фоне помех.**

Тема 1. Частотные и временные характеристики согласованного фильтра.

Физическая осуществимость фильтра. Сигнал и помеха на выходе согласованного фильтра. Неравенство Шварца. Теорема Пэли-Винера.

Тема 2. Примеры построения согласованных фильтров.  
Формирование сигнала, сопряженного с заданным фильтром. Фильтрация заданного сигнала при «небелом шуме». Коды Баркера.

### Содержание практических занятий по дисциплине

#### **Раздел 1. Введение. Классификация сигналов и радиотехнических цепей.**

Тема 1 Классификация сигналов.

Импульсные сигналы. Периодические сигналы. Детерминированные сигналы. Случайные сигналы.

Тема 2. Виды радиотехнических цепей.

Нелинейные цепи. Параметрические цепи.

#### **Раздел 2. Спектральная теория сигналов**

Тема 1 Обобщенный ряд Фурье.

Коэффициенты ряда, ортогональные функции. Норма функции.

Тема 2 Гармонический анализ сигналов.

Коэффициенты ряда для гармонического анализа.

Тема 3 Свойства преобразования Фурье.

Сдвиг сигнала во времени. Изменение масштаба временных амплитуд.

Дифференцирование и интегрирование сигналов.

#### **Раздел 3. Корреляционный анализ детерминированных колебаний.**

Тема 1. Корреляционная функция периодических сигналов.

Корреляционная функция прямоугольного сигнала и последовательности периодических прямоугольных импульсов. Автокорреляционная функция. Взаимные корреляционные функции.

Тема 2. Корреляционная функция непериодических сигналов.

Корреляционная функция одиночного импульса. Корреляционная функция пачки импульсов.

Тема 3. Дискретизация сигналов.

Теорема Котельникова. Теорема отсчетов в частотной области.

#### **Раздел 4. Линейные радиотехнические цепи.**

Тема 1. Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи с постоянными параметрами

Тема 2. Прохождение сигналов через избирательные цепи. Прохождение сигналов через резонансный усилитель.

Тема 3. Искажения модулированных колебаний в избирательных цепях.

Анализ прохождения АМ сигнала через избирательную цепь.

## **Раздел 5. Модулированные колебания.**

Тема 1. Амплитудная модуляция.

Тональная модуляция. Спектр АМ Векторная диаграмма АМ колебаний. Спектр АМ колебаний.

Тема 2. Спектр колебания с УМ. Тональная УМ. Векторная диаграмма ОМ. Индекс модуляции при  $m \geq 1$  и  $m \leq 1$ . Ширина спектра УМ.

Тема 3. Спектр колебания при смешанной АУ модуляции.

## **Раздел 6. Узкополосные колебания. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала.**

Тема 1. Параметры узкополосных колебаний. Ошибки при нахождении частоты колебаний.

Неоднозначность определения параметров колебания. Аналитический сигнал. Преобразование Гильберта.

## **Раздел 7. Нелинейные и параметрические цепи.**

Тема 1. Методы нелинейной теории. Прохождение сигналов через нелинейные цепи. Примеры прохождения простейших сигналов через нелинейную цепь ( дифференцирование и интегрирование сигналов)

Тема 2. Детектирование модулированных колебаний. Приметы детектирования. Детектирование АМ сигналов. Детектирование УМ сигналов. Повышенная избирательность радиоприема слабых сигналов на фоне шума. Устранение взаимодействий сигналов с помехой.

## **Раздел 8. Случайные колебания. Преобразование характеристик случайных процессов.**

Тема 1. Характеристики случайных колебаний. Центральные моменты случайных сигналов. Характеристическая функция. Производящая функция. Функция распределения.

Тема 2. Нормализация случайных процессов в узкополосных цепях. Примеры нормализации случайных процессов. Денормализация сигналов в широкополосных цепях.

Тема 3. Воздействие сигналов и шума на линейные цепи. Воздействие сигналов и шума на нелинейные цепи. Определение параметров сигнала на выходе нелинейной цепи.

## **Раздел 9. Оптимальная фильтрация на фоне помех. Согласование входного сигнала и параметров цепи.**

Тема 1. Критерий Пэли-Винера. Определение возможных вариантов построения согласованного фильтра.

Тема 2. Сигнал и помеха на выходе согласованного фильтра. Соотношение между выходным сигналом и параметрами сигнала на входе фильтра.



## Содержание лабораторных работ по дисциплине

### **Лабораторная работа №1. Введение.**

Описание программных средств лабораторной работы.

### **Лабораторная работа №2 Спектральный анализ.**

Примеры спектров простейших сигналов. Формирование прямоугольного сигнала. Анализ сигнала на выходе различных цепей (дифференциальное и интегральное устройство).

### **Лабораторная работа №3 Нелинейное резонансное усиление и умножение частоты.**

Использование различных частот входного сигнала.

### **Лабораторная работа №4. Прохождение радиосигналов через избирательные цепи.**

Использование различных избирательных цепей. Представление различных сигналов в качестве периодической последовательности прямоугольных импульсов, а также гармонических сигналов различных частот.

### **Лабораторная работа №5. Амплитудная модуляция и детектирование.**

Использование тональной модуляции. Рассмотрение спектра на выходе цепи.

### **Лабораторная работа №6. Законы распределения случайных процессов. Функции распределения. Плотность распределения. Нормальный процесс.**

### **Лабораторная работа №7. Корреляционный анализ сигналов.**

Использование в качестве входного сигнала прямоугольных импульсов. Изменение частоты следования импульсов и их длительности.

### **Лабораторная работа №8. Закон распределения в радиотехнических цепях.**

Преобразование закона распределения в радиотехнических цепях. Линейная цепь. Нелинейная цепь.

**5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ,  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
СТУДЕНТОВ**

**5.1. Текущий контроль**

**3 семестр**

**Рейтинг-контроль №1**

**Тест №1**

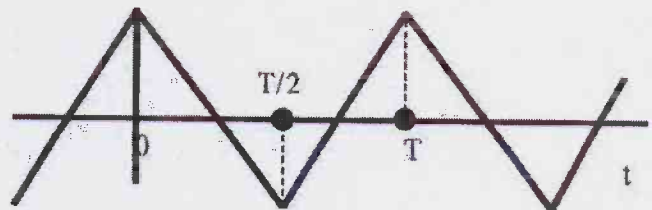
Каким является сигнал, для которого при любых  $t$  выполняется соотношение  $s(t)=S(t\pm kT)$ , где  $T=\text{const}$ ;  $k=0$ ;

1. Конечным во времени;
2. Непериодическим;
3. Имеющим дискретный спектр;
4. Периодическим;
5. Бесконечным во времени;
6. Имеющим непрерывный спектр.

**Тест №2**

Каких гармоник не будет в периодическом сигнале:

1. Всех четных;
2. Всех нечетных;
3. Каждой третьей;
4. Третьей и далее всех нечетных;
5. Каждой пятой.



**Тест №3**

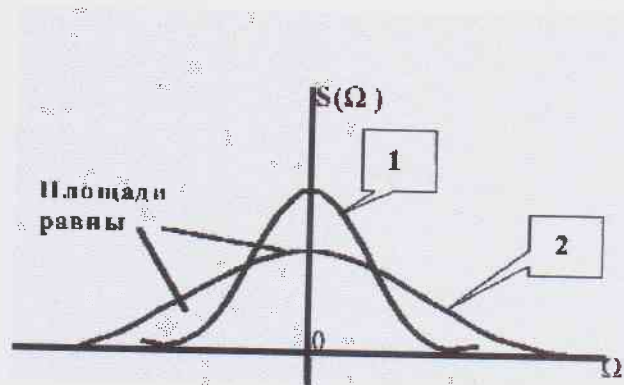
Чему равна размерность амплитудного спектра периодического тока:

1. Размерности сигнала;
2. Размерности сигнала, деленной на Гц;
3. Вольт;
4. Ампер;
5. В/Гц;
6. Размерности сигнала, умноженной на секунду.

**Тест №4**

Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов  $S_1(t) = S_1(j\Omega)$  и  $S_2(t) = S_2(j\Omega)$  имеющими ширины спектров  $\Delta\omega_1$  и  $\Delta\omega_2$ , длительности  $\tau_1$  и  $\tau_2$

1.  $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$
2.  $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$  при  $\Omega=0$ ;
3.  $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$  при  $\Omega=0$ ;
4.  $\tau_1 > \tau_2$
5.  $S_1(t) - S_2(t)$  при  $t=0$ ;
6.  $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$
7.  $S_1(t) > S_2(t)$  при  $t=0$ ;



### Тест №5

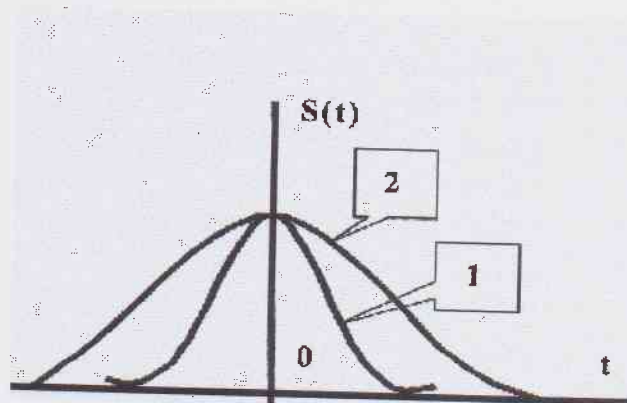
Какая операция над спектральными плотностями сигналов 1 и 2 соответствует следующей операции над этими сигналами во времени:  $S_1(t) + S_2(t)$ :

1. Произведение спектральных плотностей;
2. Сумма спектральных плотностей;
3. Фазовый сдвиг каждой спектральной составляющей на величину  $\Omega\tau$  или  $n\Omega\tau$  соответственно для непериодического или периодического сигнала;
4. Приращение фазового спектра, равное  $-n\Omega_1\tau$  или  $-\Omega\tau$  соответственно для периодического или непериодического сигнала;
5. Деление на  $j\Omega$ ;
6. Умножение на  $j\Omega$ .

### Тест №6

Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов  $S_1(t) = S_1(j\Omega)$  и  $S_2(t) = S_2(j\Omega)$  имеющими ширины спектров  $\Delta\omega_1$  и  $\Delta\omega_2$ , длительности  $\tau_1$  и  $\tau_2$

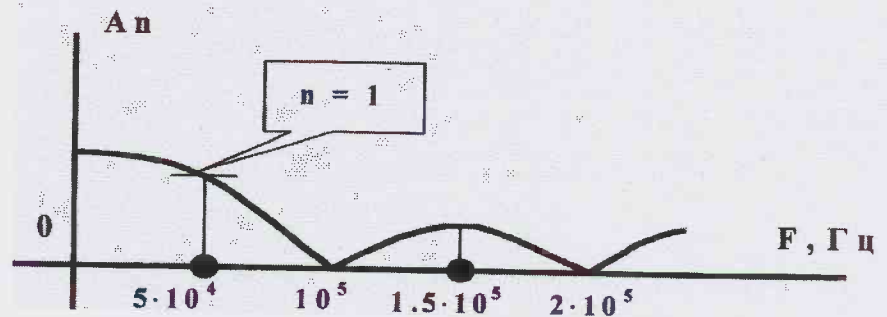
1.  $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$
2.  $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$  при  $\Omega=0$ ;
3.  $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$  при  $\Omega=0$ ;
4.  $\tau_1 > \tau_2$
5.  $S_1(t) - S_2(t)$  при  $t=0$ ;
6.  $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$
7.  $S_1(t) > S_2(t)$  при  $t=0$ ;



### Тест №7

Определить длительность периода и длительность периодических прямоугольных импульсов по их спектральной диаграмме:

1.  $\tau = 1$  мс;
2.  $\tau = 100$  мкс;
3.  $\tau = 10$  мкс;
4.  $\tau = 5$  мс;
5.  $\tau = 1$  мс;
6.  $\tau = 20$  мкс;
7.  $\tau = 0.2$  мс;



### Рейтинг-контроль №2

#### Тест №1

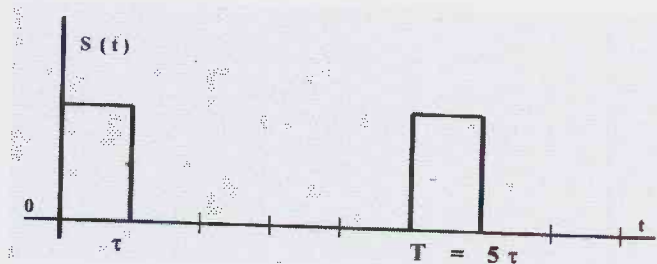
Каким является сигнал, для которого при любых  $t$  выполняется соотношение  $S(t) = S(t \pm kT)$ , где  $T = \text{const}$ ;  $k=1, 3, 4, 7, 10, \dots$ :

1. Конечным во времени;
2. Непериодическим;
3. Имеющим дискретный спектр;
4. Периодическим;
5. Бесконечным во времени;
6. Имеющим непрерывный спектр.

#### Тест №2

Каких гармоник не будет в периодическом сигнале:

1. Всех четных;
2. Всех нечетных;
3. Каждой третьей;
4. Третьей и далее всех нечетных;
5. Каждой пятой;



#### Тест №3

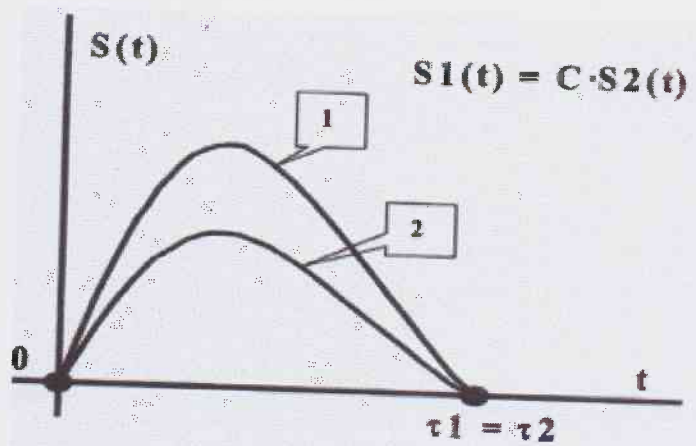
Чему равна размерность амплитудного спектра непериодического напряжения:

1. Размерности сигнала;
2. Размерности сигнала, деленной на Гц;
3. Вольт;
4. Ампер;
5. В/Гц;
6. Размерности сигнала, умноженной на секунду.

#### Тест №4

Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов  $S_1(t) = S_1(j\Omega)$  и  $S_2(t) = S_2(j\Omega)$  имеющих ширины спектров  $\Delta\omega_1$  и  $\Delta\omega_2$ , длительности  $\tau_1$  и  $\tau_2$

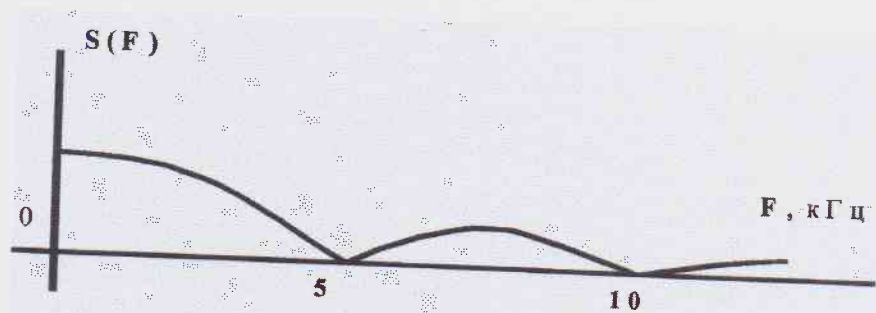
1.  $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$
2.  $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$  при  $\Omega=0$ ;
3.  $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$  при  $\Omega=0$ ;
4.  $\tau_1 > \tau_2$
5.  $S_1(t) - S_2(t)$  при  $t=0$ ;
6.  $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$
7.  $S_1(t) > S_2(t)$  при  $t=0$ ;



### Тест №5

Определить длительность непериодического или период и длительность периодических прямоугольных импульсов по их спектральной диаграмме

1.  $\tau = 1$  мс;
2.  $\tau = 0.1$  мс;
3.  $\tau = 0.01$  мс;
4.  $\tau = 5$  мс;
5.  $\tau = 1$  мс;
6.  $\tau = 20$  мкс;
7.  $\tau = 0.2$  мс;



### Тест №6

Какая операция над спектральными плотностями сигналов 1 и 2 соответствует следующей операции над этими сигналами во времени:  $S_2(t) = S_1(t-\tau)$ :

1. Произведение спектральных плотностей;
2. Сумма спектральных плотностей;
3. Фазовый сдвиг каждой спектральной составляющей на величину  $\Omega\tau$  или  $n\Omega\tau$  соответственно для непериодического или периодического сигнала;
4. Приращение фазового спектра, равное  $-n\Omega_1\tau$  или  $-\Omega\tau$  соответственно для периодического или непериодического сигнала;
5. Деление на  $j\Omega$ ;
6. Умножение на  $j\Omega$ .

**Рейтинг-контроль №3****Тест №1**

1. Характеристика спектра периодического сигнала.
- сплошной;
  - дискретный, линейчатый с частотами кратными основной частоте входного сигнала;
  - дискретный линейчатый с частотами некратными основной частоте входного сигнала.

**Тест №2**

2. Период повторения сигнала равен 1 мкс. Чему равна частота второй гармоники спектра сигнала
- 2 МГц;
  - 1 МГц;
  - 0.5 МГц.

**Тест №3**

3. Как изменится ширина спектра импульса при увеличении его длительности в 2 раза?
- уменьшится в 2 раза;
  - увеличится в 2 раза;
  - не изменится.

**Тест №4**

4. Чему равен интервал корреляции импульса длительностью 1 мкс?
- 1 мкс;
  - 2 мкс;
  - 0.5 мкс.

**Тест №5**

5. Указать верное выражение для фазомодулированного сигнала с тональной модуляцией с частотой  $\Omega$ .
- $s(t) = A_0(1 + M \cos \Omega t) \cos \omega_0 t$ ;
  - $s(t) = A_0(\cos \omega_0 t + \cos \Omega t)$ ;
  - $s(t) = A_0(\cos \omega_0 t + m \cdot \cos \Omega t)$ .

**Тест №6**

6. Чему равна ширина спектра амплитудно-модулированного сигнала с несущей частотой  $\omega_0$  и наивысшей частотой спектра информационного сигнала  $\Omega_m$ ?
- $2\omega_0$ ;
  - $2\Omega_m$ ;
  - $\omega_0 - \Omega_m$ ;
  - $\omega_0 + \Omega_m$ .

## 4 семестр

## Рейтинг-контроль №1

## Тест №1

1. Какой случайный сигнал называют стационарным?

- а) случайный сигнал, у которого характеристики не зависят от момента наблюдения;
- б) случайный сигнал, у которого характеристики зависят от момента наблюдения;
- в) случайный сигнал, у которого при вычислении характеристик можно производить усреднение по времени.

## Тест №2

2. Что такое гауссов шум?

- а) случайный сигнал, у которого зависимость амплитуды от времени  $A(t)$  имеет форму гауссовой кривой;
- б) случайный сигнал, у которого плотность вероятности  $P(x)$  имеет форму гауссовой кривой;
- в) случайный сигнал, у которого спектральная плотность энергии  $|S(\omega)|^2$  имеет форму гауссовой кривой.

## Тест №3

3. Укажите формулу взаимосвязи АКФ случайного сигнала с нулевым средним и спектральной плотности мощности.

а)  $B_x(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega;$

б)  $B_x(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega;$

в)  $B_x(\tau) = \int_0^T |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega.$

## Тест №4

4. Формула взаимосвязи частотной и импульсной характеристики.

а)  $K(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) dt;$

б)  $K(j\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) dt;$

в)  $K(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) e^{-j\omega t} dt.$

**Тест №5**

5. Указать верную формулу для спектральной плотности сигнала на выходе идеального интегратора.

а)  $S_{\text{вых}}(\omega) = \frac{1}{j\omega\tau} S_{\text{вх}}(\omega);$

б)  $S_{\text{вых}}(\omega) = j\omega\tau S_{\text{вх}}(\omega);$

в)  $S_{\text{вых}}(\omega) = S_{\text{вх}}(\omega)e^{j\omega\tau}.$

**Тест №6**

6. Как изменяется АКФ случайного сигнала при прохождении через интегрирующую цепь?

а) не изменится;

б) уменьшаются осцилляции АКФ;

в) увеличиваются осцилляции АКФ.

**Рейтинг-контроль №2****Тест №1**

1. Указать верную форму кусочно-линейной аппроксимации ВАХ нелинейного элемента.

а)  $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = a_0 + a_1(U_{\text{вх}} - U_0);$

б)  $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = \begin{cases} (U_{\text{вх}} - U_0), & \text{если } U_{\text{вх}} > U_0 \\ S(U_{\text{вх}} - U_0)^2, & \text{если } U_{\text{вх}} < U_0 \end{cases};$

в)  $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{\text{вх}} > U_n \\ S(U_{\text{вх}} - U_n), & \text{если } U_{\text{вх}} < U_n \end{cases}.$

**Тест №2**

2. Чтобы увеличить глубину модуляции при получении АСМ необходимо:

а) увеличить амплитуду модулирующего напряжения;

б) уменьшить амплитуду моделирующего напряжения;

в) увеличить частоту моделирующего напряжения;

г) увеличить амплитуду несущего колебания.

**Тест №3**

3. Условие баланса амплитуд в автогенераторе.

а)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) = 1;$

б)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) \ll 1;$

в)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) > 1.$



**Тест №4**

4. В каком режиме должен работать нелинейный элемент в автогенераторе при жёстком режиме запуска?
- а) А;  
б) В;  
в) С.

**Тест №5**

5. Чему равно число различных коэффициентов  $C_i$  в дискретном преобразовании Фурье? Где  $T$  – длительность сигнала,  $\Delta$  - интервал дискретизации.
- а)  $N = T / \Delta$ ;  
б)  $N = T \cdot \Delta$ ;  
в)  $N = T^\Delta$ ;  
г)  $N = \Delta^T$ .

**Тест №6**

6. Укажите верное выражение для передаточной функции трансверсального фильтра

а)  $K_T(j\omega) = \sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T}$  ;

б)  $K_T(j\omega) = \frac{\sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T}}{1 - \sum_{m=1}^H b_m e^{-jm\omega T}}$  ;

в)  $K_T(j\omega) = \sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T} \left( 1 - \sum_{m=1}^H b_m e^{-jm\omega T} \right)$ .

**Рейтинг-контроль №3****Тест №1**

1. Указать верную формулу для нахождения выходного сигнала на выходе линейной цепи по методу интеграла наложения.

а)  $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{ex}}(\omega) K(j\omega) dt$  ;

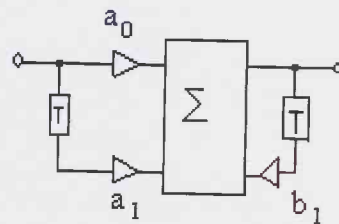
б)  $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{ex}}(t) K(j\omega - \omega_0) dt$  ;

в)  $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{ex}}(\tau) g(t - \tau) d\tau$  .

**Тест №2**

2. Охарактеризуйте цифровой фильтр, изображенный на рисунке.

- а) трансверсальный фильтр 1-ого порядка;
- б) рекурсивный фильтр 1-ого порядка;
- в) трансверсальный фильтр 2-ого порядка;
- г) рекурсивный фильтр 2-ого порядка.

**Тест №3**

3. Режим с каким углом отсечки необходимо выбрать при построении утрителя частоты на основе нелинейного элемента?

- а)  $60^\circ$ ;
- б)  $90^\circ$ ;
- в)  $40^\circ$ ;
- г)  $180^\circ$ .

**Тест №4**

4. Для выполнения частотного детектирования при использовании линейного частотного фильтра необходимо обеспечить условие

- а)  $\omega_p = \omega_0$ , т.е. равенства резонансной частоты фильтра и несущей частоты частотномодулированного сигнала;
- б)  $\omega_p \neq \omega_0$ , т.е. неравенства резонансной частоты фильтра и несущей частоты частотномодулированного сигнала;
- в)  $K(\omega_p) \gg K(\omega_0)$ , т.е. коэффициент передачи фильтра на резонансной частоте должен быть существенно больше коэффициента передачи на несущей частоте.

**Тест №5**

5. Условие баланса амплитуд в автогенераторе.

- а)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) = 1$ ;
- б)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) \ll 1$ ;
- в)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) > 1$ .

**Тест №6**

6. Основная проблема синтеза цифрового фильтра по аналоговому прототипу.

- а) дискретность импульсной характеристики цифрового фильтра;
- б) периодичность импульсной характеристики;
- в) периодичность частотной характеристики цифрового фильтра.

## 5.2. Промежуточная аттестация

### 3 семестр

#### Вопросы к экзамену

1. Классификация сигналов
2. Обобщенный ряд Фурье
3. Гармонический анализ периодического сигнала
4. Ряд Фурье
5. Периодическая последовательность прямоугольного импульса
6. Спектр Р0Л импульсов
7. Спектр меандра
8. Спектр пилообразного напряжения
9. Спектр треугольных импульсов
10. Мощность периодического сигнала
11. Гармонический анализ непериодического сигнала
12. Свойства преобразования Фурье
13. Распространение энергии в спектре непериодического сигнала
14. Спектр прямоугольного импульса
15. Спектр Гауссова импульса
16. Спектр импульса  $\text{Sin}(x)/x$
17. Дельта импульс
18. Спектр единичного сигнала
19. Спектр экспоненциального импульса
20. Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи
21. Метод огибающей
22. Прохождение радиоимпульса через резонансный усилитель
23. Искажение АМ колебания в резонансном усилителе
24. Интегральные цепи
25. Дифференциальные цепи
26. Метод интегрального наложения
27. Спектральный метод
28. Применение ООС
29. Обратная связь в усилителях
30. Резонансный усилитель
31. Каскадное соединение усилителей
32. Частотные и временные характеристики
33. Аналитический сигнал
34. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала
35. Спектр колебания при смешанной АМ-ЧМ
36. Спектр радиоимпульса с ЧМ заполнением
37. Фазовая и частотная модуляция
38. Спектр угловой модуляции
39. Угловая модуляция

40. Спектр амплитудной модуляции
41. Амплитудная модуляция
42. Модуляция
43. Узкополосный сигнал
44. Спектр колебания при угловой модуляции

#### 4 семестр

##### Вопросы к экзамену

1. Классификация случайных процессов, стационарных СП, эргодическое свойство.
2. Законы распределений случайных процессов, их свойства, условия стационарности в широком и узком смысле.
3. Спектральная плотность мощности.
4. Корреляционная функция случайного процесса.
5. Теорема Винера-Хинчина.
6. Моменты и моментные функции случайных процессов
7. Модели случайных процессов, «белый шум» идеальный и реальный, нормальный широкополосный и узкополосный.
8. Независимость и некоррелируемость случайных процессов, разложение узкополосного нормального шума на квадратурные независимые составляющие.
9. Законы распределения огибающей фазы и частоты узкополосного нормального шума.
10. Преобразование спектральной плотности мощности и ковариационной функции в линейной цепи.
11. Воздействие «белого шума» на линейную цепь.
12. Распространение суммы независимых гармонических колебаний со случайными фазами.
13. Нормализация случайных процессов в линейных цепях (примеры). Денормализация (примеры).
14. Преобразование закона распределения случайного процесса в нелинейном безынерционном элементе.
15. Методы отыскания энергетических характеристик СП на выходе нелинейной цепи.
16. Воздействие нормального узкополосного шума на линейный и квадратичный амплитудные детекторы.
17. Воздействие суммы гармонического сигнала и нормального узкополосного узкополосного шума на линейный амплитудный детектор. 18. Распределение огибающей и его свойства.
19. Отношение С/П при малом и большом сигнале.
20. Воздействие суммы гармонического сигнала и нормального узкополосного шума на частотный детектор. С/П на выходе (пример).
21. Понятие об основных задачах статической радиотехники на примере различных систем.

22. Согласованная фильтрация заданного сигнала. Неравенство Шварца.
23. Частотная и импульсная характеристика согласованного с заданным сигналом фильтра. Критерий Пэли-Винера.
24. Сигнал и шум на выходе согласованного фильтра.
25. Форма полезного сигнала и корреляционная функция шума, понятие корреляционной функции детектированного сигнала.
26. Построение фильтров, согласованных с одиночным прямоугольным импульсом и с пачкой импульсов.
27. Согласованный фильтр для радиоимпульса с ЛЧМ.
28. Принцип формирования сигнала, согласованного с заданным фильтром.
29. Согласованная фильтрация при небелом шуме на входе.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Подготовка реферата или доклад на практических занятиях

### 3 семестр

1. Соотношение между длительностью сигнала и шириной его спектра
2. Ряд Котельникова
3. Соотношение между  $R(\tau)$  и  $S(\omega)$
4. Спектр радиосигнала при АЧ модуляции
5. Корреляционная функция модулированного колебания
6. Дискретизация узкополосного сигнала
7. Спектральный метод анализа прохождения сигнала через ЛЦ
8. Метод интеграла наложения
9. Метод огибающей
10. Аппроксимация нелинейного характера
11. Воздействие сигналов на НЭ
12. Нелинейные резонансные усилители
13. Детектирование
14. Амплитудный ограничитель
15. Умножение частоты

### 4 семестр

1. Параметрический усилитель
2. Распределение сигнала с мультипликативной помехой
3. БПФ
4. Кепстральный анализ сигналов
5. Принцип дискретной фильтрации
6. Передаточная функция цифрового фильтра
7. Характеристики цифр сигналов
8. Спектральный анализ на базе БПФ
9. Цифровой согласованный фильтр

10. Фильтр Баттерворта.
11. Фильтр Чебышева

### Задание на курсовую работу

#### Задание № 1

1. Найти АЧХ, ФЧХ, ЧХ и ПХ цепи.
2. Для периодического сигнала разложить сигнал в ряд Фурье. Найти сумму пяти первых гармоник ряда.
3. Для периодических сигналов найти модуль и аргумент спектральной плотности по Лапласу.
4. Записать ряд для периодического сигнала на выходе цепи. Построить график суммы пяти первых гармоник ряда.
5. Найти непериодический сигнал на выходе цепи через обратное преобразование Фурье (преобразование Лапласа) и построить соответствующие графики.

#### Числовые данные к заданию № 1.

Для периодического сигнала (ПС):

$$T = 2\tau, \tau = T/2, A = 10 \text{ В.}$$

Для непериодического сигнала:

$$A = 10 \text{ В, } \tau = \tau_y (RC, L/R).$$

Параметры цепей:

$$R = 1 \text{ кОм, } C = 0,1 \text{ мкФ, } L = 100 \text{ мкГн.}$$

#### Числовые данные к заданию № 2

1. Анализ передачи смеси полезного сигнала и шума через типовое радиотехническое звено.

1.1. Полезный сигнал:

а) с АМ:  $a(t) = A_0(1 + M \cos \Omega_m t) \cos \omega_0 t$ ;

б) с ЧМ:  $a(t) = A_0 \cos(\cos \omega_0 t + m \sin \Omega_m t)$ .

Номер сигнала	Параметр сигнала				
	Вид модуляции	$A_0, \text{ В}$	$M, m$	$\Omega_m, 1/\text{с}$	$\omega_0, 1/\text{с}$
1	АМ	0,1	1	$10^3$	$10^7$
2	АМ	0,5	0,8	$10^2$	$10^7$
3	АМ	1	0,5	10	$10^7$
4	ЧМ	0,1	30	$10^2$	$10^7$
5	ЧМ	0,5	1	$10^3$	$10^7$
6	ЧМ	1	0,1	$10^4$	$10^7$

1.2. Помеха  $x(t)$  – нормальный шум со спектральной плотностью, равномерной в полосе частот от  $\omega_1$  до  $\omega_2$  и равной  $\omega_0$ .

Номер помехи	Параметры помехи		
	$\omega_0, \text{В}^2 \cdot \text{с}$	$\omega_1, \text{I/c}$	$\omega_2, \text{I/c}$
1	$10^{-3}$	$\omega_0 - 2 \cdot 10^{-3}$	$\omega_0 + 2 \cdot 10^{-3}$
2	$2 \cdot 10^{-3}$	$\omega_0 - 10^{-3}$	$\omega_0 + 10^{-3}$
3	$10^{-4}$	$\omega_0 - 2 \cdot 10^{-3}$	$\omega_0 + 2 \cdot 10^{-3}$
4	$2 \cdot 10^{-4}$	$\omega_0 - 10^{-3}$	$\omega_0 + 10^{-3}$
5	$10^{-5}$	$\omega_0 - 2 \cdot 10^{-3}$	$\omega_0 + 2 \cdot 10^{-3}$
6	$2 \cdot 10^{-5}$	$\omega_0 - 10^{-3}$	$\omega_0 + 10^{-3}$

Примечание.  $\omega_T$  – параметр сигнала  $a(t)$ .

### 1.3. Избирательная цепь

Номер цепи	Вид коэффициента передачи	Параметр цепи		
		$K_0$	$m < 1$	$m > 1$
1	Идеальный полосовой фильтр с частотами среза $\omega_1$ и $\omega_2$	$K_0 = 1$	$\omega_1$ и $\omega_2$ такие же, как и у помехи	
2	Идеальный полосовой фильтр с частотами среза $\omega_1$ и $\omega_2$	$K_0 = 10$	$\omega_1$ и $\omega_2$ такие же, как и у помехи	
3	Одноконтурный резонансный усилитель $K(j\Omega) = \frac{K_0}{1 + j\Omega\tau_k}$ , $\Omega = \omega - \omega_0$	$K_0 = 1$	$\tau_k = \frac{1}{\Omega_m}$	$\tau_k = \frac{1}{\omega_0}$
4	Одноконтурный резонансный усилитель $K(j\Omega) = \frac{K_0}{1 + j\Omega\tau_k}$ , $\Omega = \omega - \omega_0$	$K_0 = 10$	$\tau_k = \frac{1}{\Omega_m}$	$\tau_k = \frac{1}{\omega_0}$
5	Гауссов фильтр $K(j\Omega) = K_0 e^{-\alpha^2 \Omega^2}$ , $\Omega = \omega - \omega_0$	$K_0 = 1$	$\alpha = \frac{1}{\Omega_m}$	$\alpha = \frac{1}{\omega_0}$
6	Гауссов фильтр $K(j\Omega) = K_0 e^{-\alpha^2 \Omega^2}$ , $\Omega = \omega - \omega_0$	$K_0 = 10$	$\alpha = \frac{1}{\Omega_m}$	$\alpha = \frac{1}{\omega_0}$

### 1.4. Структура номера варианта.

Пример записи номера варианта – 3.5.7, где 3 – номер сигнала; 5 – номер помехи; 7 – номер цепи.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1. О.Р. Никитин, Е.А. Архипов, Н.Н. Корнеева./Владимир: Изд. 1-е, ВлГУ, - 79 с. Учебник для вузов. Радиотехнические цепи и сигналы.	2019г.	<a href="https://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/7770/1/01821.pdf">https://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/7770/1/01821.pdf</a>
2. И.С. Гоноровский, М.П. Демин. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. Радио связь. Изд. 4-е., 511 с.	1986г.	<a href="http://www.mai-trt.ru/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=44&amp;Itemid=48">http://www.mai-trt.ru/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=44&amp;Itemid=48</a>
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Изд. 5-е, Высшая школа, 462 с. Учебник для вузов	2005г.	<a href="https://edu.tusur.ru/programs/768/disciplines/62715">https://edu.tusur.ru/programs/768/disciplines/62715</a>
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач. Изд. 2-е, Высшая школа, 214 с.	2002г.	<a href="https://bga.by/sites/default/files/inline-files/metodicheskie_materialy_po_discipline_radiotekhnicheskie_cep_i_sig_naly.pdf">https://bga.by/sites/default/files/inline-files/metodicheskie_materialy_po_discipline_radiotekhnicheskie_cep_i_sig_naly.pdf</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1. Попов В.П. Основа Теории Цепей. Учебник для вузов. Изд. 4-е, Высшая школа, 575 с.	2003г.	<a href="https://urait.ru/book/osnovy-teorii-cepey-v-2-ch-chast-1-400677">https://urait.ru/book/osnovy-teorii-cepey-v-2-ch-chast-1-400677</a>

### 6.2. Периодические издания

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов
- Успехи современной радиоэлектроники
- Радиотехника
- Электроника
- IEEE Transactions on Communications;
- IEEE Transactions on Signal Processing;
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement



### **6.3. Интернет-ресурсы**

- <https://znanium.com/catalog/>
- <http://dspace.www1.vlsu.ru/>
- <https://e.lanbook.com>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины указывается необходимое для обучения лицензионное программное обеспечение, оборудование, демонстрационные приборы, мультимедийные средства, кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3, 335-3), учебные фильмы, наборы слайдов по всем лекциям (от 25 до 40 слайдов в каждой лекции); требования к аудиториям – компьютерные классы (410-3, 306-3), специально оборудованные аудитории и лаборатории и т.д

Рабочую программу составил Никитин О.Р., д.т.н., профессор, научный сотрудник ОАО «ВКБР» [подпись]

Рецензент Богданов А.Е., Генеральный директор ОАО «ВКБР» [подпись]

Программа одобрена на заседании каф. РТ и РС

Протокол № 18 от 26.06.2019

Заведующий кафедрой РТ и РС. [подпись] Никитин О.Р.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.01 «Радиотехника»

Протокол № 7 от 27.06.19 года

Председатель комиссии Никитин О.Р., зав. каф. РТ и РС [подпись]

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.20 года

Заведующий кафедрой [подпись] О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на 21/22 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.21 года

Заведующий кафедрой [подпись] О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на 22/23 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 29.08.22 года

Заведующий кафедрой [подпись] Н.Н. Вадимов

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

Электрические источники питания

образовательной программы направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника»

направленность: Радиотехнические устройства и системы (бакалавр)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой [подпись] /Никитин О.Р.